

### 巻頭言

#### 1 果たされなかった約束について

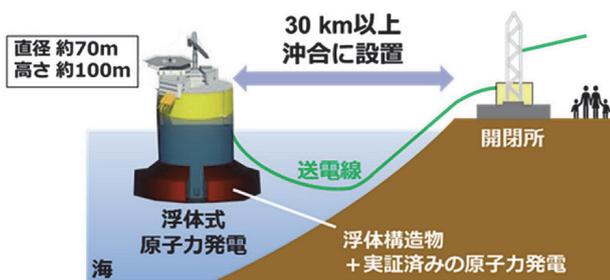
滝 順一

### 解説 国内における浮体式原子力発電の検討状況

#### 11 浮体式原子力発電に関する開発検討の全体概要

産業競争力懇談会（COCN）では100万kW級のABWRを浮体式原子力発電として採用した際の工学的課題について検討を進めた。

佐々大輔 ほか

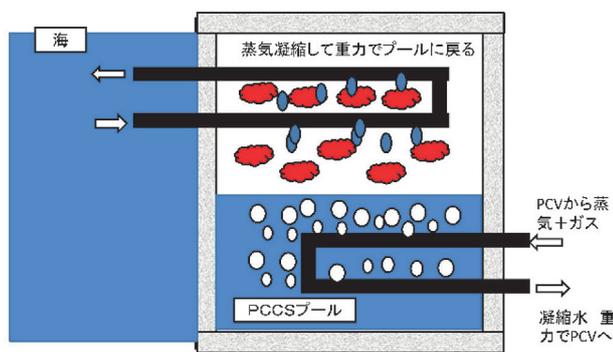


浮体式原子力発電のイメージ

#### 15 浮体式原子力発電におけるBWR成立性の評価

COCNでは検討の結果、安全系を4区分とし、海水を利用して、浮力などの自然力を利用することで、人間の判断や電源を必要としない静的崩壊熱除去システムの採用を提示した。

木野千晶, 手塚健一



海水を利用した半永久的に稼働する静的システムのアイデア

### 解説 中性子イメージング技術と多様な応用状況

#### 20 パルス中性子ラジオグラフィによるNASICON型リチウムイオン伝導体LTPの拡散係数測定

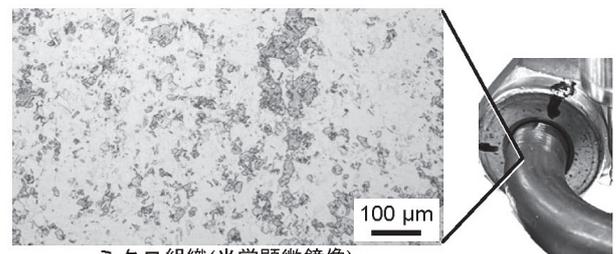
全固体電池の固体電解質材料として有望なNASICON型リチウムイオン伝導体LTPとパルス中性子ラジオグラフィによる拡散係数測定について解説する。

高井茂臣, 藪塚武史, 宋 方舟

#### 25 ブラッグエッジイメージング法による銅のマイクロ組織の観察

銅の電気伝導性や力学特性は、マイクロ組織によって大きく影響を受ける。中性子は高い透過能を持ち、さらにブラッグエッジイメージング法を用いることで、マイクロ組織の情報を可視化できる。

大場洋次郎, 佐々木宏和



マイクロ組織(光学顕微鏡像)

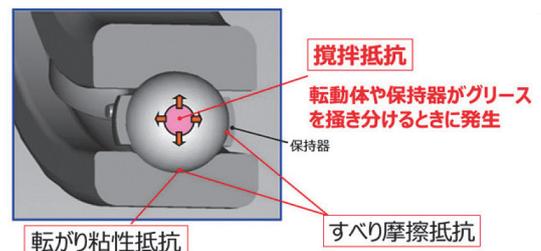
銅合金製の部品

銅・銅合金中のマイクロ組織の模式図

#### 29 中性子イメージングを用いた玉軸受内グリースの流動性の観察

グリースはモーターの回転軸を支える玉軸受の潤滑剤に広く用いられている。その省エネ性向上の鍵を握るのが、グリースの流動特性だ。それを可視化するために、ここでは中性子イメージングを利用した。

木村信治, 酒井一泉



転動体が軌道面上の油膜を破断するときが発生

転動体/保持器間、転動体/軌道面間のすべり摩擦

玉軸受内のグリースによる抵抗要因

## 時論

### 2 SMRをめぐる状況と課題 —日立GEの取り組み

木藤和明

## Perspective

### 4 心のゆとりの使い方

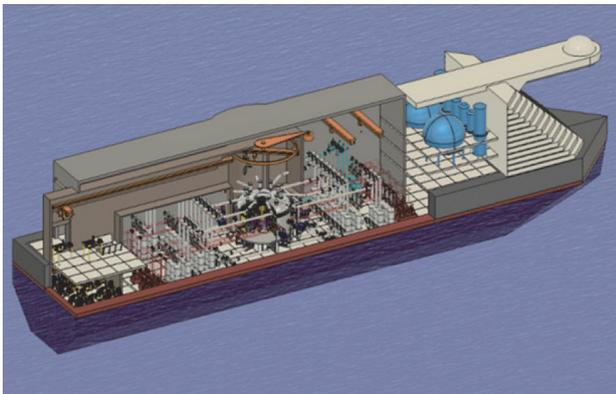
越智小枝

## 解説

### 34 商用ヘリカル型小規模定常核融合炉 の実現に向けて—世界的に加速する 民間核融合開発競争への日本からの挑戦

近年、民間から核融合を目指すスタートアップが世界で多く起業し、各国の国家戦略にも影響を与えている。これまでの経緯と、Helical Fusion社の取り組みについて紹介する。

宮澤順一



大型タンカーに搭載したヘリカル核融合炉のイメージ

## ヨシノの目

### 47 1F事故最大の教訓としての“関連死” —電力会社は住民保護に積極関与を

吉野 実

## 理事会だより

### 49 この1年間の理事会活動を振り返って

佐藤 拓

## 解説

### 39 送変電分野におけるポリマーがいしの 適用動向

ポリマーがいしは軽量で加工性が良く、耐汚損性や耐衝撃性にも優れることから、電力輸送設備での適用が広がりつつある。

本間宏也



ポリマーがい管を用いた変電機器

## Focus 原子力産業界における働き方改革(7)

### 43 原子力発電環境整備機構における 事業推進を支える職場づくり

働きやすく能力を発揮できる職場を目指し、人事労務制度や仕組みを整備してきた。職員の声を交えながらこれまでの取組みを紹介する。

石川満梨亜

## 46 Column

科学・技術・人との出会いの場

小林容子

第8回次世代イニシアティブ廃炉技術カンファレンス  
山口克彦

- 6 News
- 28 From Editors
- 50 会報 原子力関係会議案内、新入会一覧、第56回(2023年度)日本原子力学会賞受賞候補者推薦募集、2023年度役員および常置委員会委員長紹介、主要会務、編集委員コラム、編集関係者一覧
- 52 Vol.65 (2023), No.8 J-STAGE 閲覧  
購読者番号・パスワード

学会誌ホームページはこちら  
[https://www.aesj.net/publish/aesj\\_atomos](https://www.aesj.net/publish/aesj_atomos)



# 果たされなかった約束について

## 巻頭言



日本経済新聞社・総合解説センター特別編集委員

滝 順一 (たき・じゅんいち)

早稲田大学政治経済学部卒，日経新聞新潟支局，科学技術部，ワシントン支局，編集委員，科学技術部長などを経て，2016年から現職

2011年3月11日から数日後のことである。そのころ米ABCテレビのキャスターだったクリスチャン・アマンプールが福島から中継していた。アマンプールは1カ月前には「アラブの春」で揺れるエジプトからムバラク大統領(当時)の単独インタビューをしていた。世界史の転換点での仕事ぶりに感嘆した。

その彼女が浜通りから原発事故をレポートしている。世界の目が福島に注がれている。歴史の進行を左右する現場に居合わせているのだと思った。

常磐線車内で，スマホで見ていた。周囲には何事も起きていないかのように通勤の人々がいたが，1カ月後には常磐線は運転していないかもしれない。この人々は家を追われ，車窓から見える住宅はことごとく無人になっているかもしれない。そんな明日の姿が頭に浮かんだ。それは腹の底から湧き出すような恐怖を伴っていた。

想像上の破局的事態は起きなかった。しかし福島では郷里の喪失は現実起きた。首都圏を巻き込んだ破局は紙一重で回避されたことがわかっている。

東京電力福島第一原発の事故の際に「破局の淵」を感じた人は多いのではないかと。12年以上が過ぎ，記憶は薄れた。しかし時折，当時のこと，その時自分が抱えた感情を思い返してみる。

就任直後には「何もしないことが支持率維持の秘訣」などと揶揄されていた岸田文雄首相は2022年半ばから，前政権が手をつけなかった政策を大胆に進めているようにみえる。原子力の維持を目指す一連の法改正もそのひとつだ。それが再稼働や新規立地の促進に本当に資するのか疑義があり，そのことについてはさまざまな論者が指摘しているのだから，ここでは触れない。

取り上げるのは，果たされていない約束についてだ。エネルギー基本計画は12年間で3回改訂された。そのすべてにおいて政府は政策決定プロセスの透明化と双方向コミュニケーションの実現が課題であると明記している。しかし課題解決への動きはまったくみられない。約束は果たされないままだ。ALPS処理水をめぐり一連の審議や公聴会などはコミュニケーションとはほど遠い，相変わらずの茶番劇だった。

事故後の「反省期」は，原子力をどう利用するか，あるいはしないかについて議論する貴重な機会だった。民主党政権下で行われた「討論型世論調査」を例外として，政策レベルで一般市民が参加する議論は行われなかった。その「討論型世論調査」もエネルギー安全保障や放射性廃棄物の課題などを広くとらえて理解の基盤を作れたかと問われれば，成功したとはいえない。なぜうまくいかなかったのかという分析を踏まえて，議論の場を継続する必要があった。議論の機会は今や永遠に失われたのではないかと。もう取り返しはつかない。残念である。原子力を推してきた人々は，再び逆風にさらされた時にこの機会の貴重さを知ることになるだろう。

「わかりあう」ことは，見解を一致させることではない。NPO法人福島ダイアログの安東量子さんは近著「スティーブ&ボニー」で書く。米ハンフォードで，彼の国の「原子力ムラ」の人たちと向き合った1週間を日記調でつづっている。話し合いは見解の一致を求めるものでも，合意を得なければならないものでもない。話してもわかり合えないからこそ話し合うことが大事だ。結論を得られない議論を延々と続けることは不毛にみえる。しかし不毛の中から黄金の実りを見出すことを諦めてはいけない。

(2023年6月11日記)



## SMR をめぐる状況と課題—日立 GE の取り組み



木藤 和明 (きとう・かずあき)

日立 GE ニュークリア・エナジー(株)  
原子力計画部 次世代技術センター長  
東京大学大学院博士課程卒業後、日立製作所・電力電機開発研究所(当時)に入社。2017年から現職に就任し、小型炉 BWRX-300 を含む新型炉の開発や、安全性向上技術の開発に従事。

低炭素社会の実現に向けて世界各国で 2050 年頃に二酸化炭素排出量を実質的にゼロにする政策が取られる中、原子力発電は安定したゼロエミッション電源として改めて評価されている。日立 GE ニュークリア・エナジー(日立 GE)は、沸騰水型軽水炉(BWR)を 50 年以上にわたり継続的に建設してきた実績があり、あわせて高速炉を含む燃料サイクル技術の開発に取り組んできた。日立 GE はこれらの技術を基に、福島第一原子力発電所事故の教訓を反映した安全性の向上、建設コスト低減による初期投資低減、そして使用済み燃料の放射能有害度低減を実現することで、原子炉を長期的な安定電源として活用することを原子力ビジョンとしている。この原子力ビジョンを実現する 4 つの新型炉として、国際標準 ABWR 設計をベースに新たな安全メカニズムを組み込んだ大型革新軽水炉 Highly Innovative ABWR (HI-ABWR)、高経済性小型軽水炉 BWRX-300、金属燃料ナトリウム冷却高速炉 PRISM、軽水冷却高速炉 RBWR の開発を進めている。ここでは日立 GE が米国の姉妹会社である GE Hitachi Nuclear Energy (GEH) 社と共同開発を進めている BWRX-300 を中心に、小型モジュール炉 (SMR) をめぐる状況と課題、その課題に対する BWRX-300 の取り組みについて記載する。

これまでも何度か「SMR ブーム」と呼べる動きがあった。例えば 2011 年、日立 GE 他 2 社とカナダ・サスカチュワン州政府は、SMR 技術を含む研究開発を共同で行うことで合意し、私も本件に携わっていた。当時は、大型炉は電力網が弱い地域に設置するには出力が大きすぎ、老朽化した石炭火力等の代替という観点でも出力的に SMR が望ましいと議論していたように記憶している。ある意味、「ニッチ市場」への対応であったと言えるかもしれない。その結果、ブームの盛り上がりは一時的なものとなり、過去の「SMR ブーム」は実炉建設には

結びつかなかった。

近年、再び SMR が脚光を浴びている。今回の動きは過去の「SMR ブーム」とは違うのであろうか？私は「違う」と感じている。今回の動きは、欧米で大型炉の建設費が増大したことで大きな初期投資が電力会社からリスクとして認識され、初期投資が小さいという SMR の特長が新たな価値として再認識されたことに端を発していると考えられる。BWRX-300 は、カナダ・オンタリオ州の州営電力会社である Ontario Power Generation (OPG) 社から、2028 年に建設完了を目指す新設プロジェクトの炉型として選定されている。また米国の国営電力会社である Tennessee Valley Authority (TVA) 社も BWRX-300 の設計・許認可準備を進めることを表明している。OPG 社はカナダ型重水炉 (CANDU) を 18 基、TVA 社は軽水炉を 7 基 (BWR : 3 基、PWR : 4 基) 所有している。これら、原子炉の運用経験が豊富な電力会社とのプロジェクトが立ち上がっていることは、今回の動きが単なる「ブーム」では無く、SMR が世界市場で広く受け入れられるようになった証左であると考えられる。また上記に関連するが、2023 年 3 月、GEH、OPG、TVA そしてポーランドの Synthos Green Energy 社は、BWRX-300 の開発と世界展開を進めるため、総投資額約 4 億ドルの技術協力に合意したことを発表した。日立 GE は GEH 社のパートナーの立場で本プロジェクトに協力していく。電力会社が大きな資金を拠出して開発を推進していることも、過去との違いの一つとして挙げられる。

国内ではどうであろうか？国内では ABWR の建設をオンタイム・オンバジェットで成功させてきた実績が有る。電力会社の規模も欧米に比較して大きく、初期投資のリスクが小さいという価値は欧米より低いかもしれない。しかし、古い原子炉を建替える場合には SMR の方が出力的に整合する点、サイトの空スペースを活用した

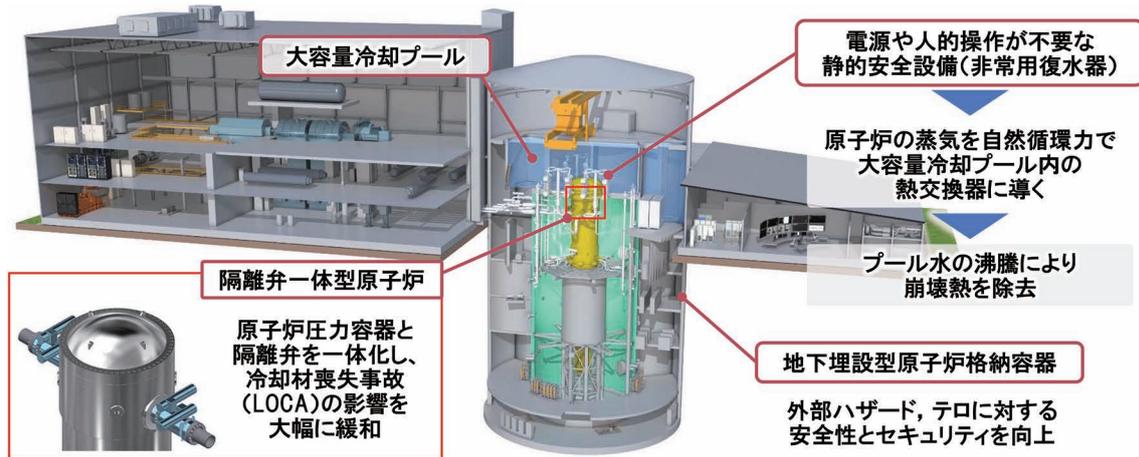


図1 BWRX-300の概略図

建設が可能な点等、国内にも SMR ニーズは存在すると考えている。ただし、国内導入を円滑に進めるためには規制対応も重要である。SMR は本質的に、標準化した炉を大量生産することを指向しており、国ごとの規制に対応する設計変更は極力、排除することが望ましい。将来的にはグローバルな許認可の枠組み構築が望まれる。

国内への SMR 導入、そして先行する北米プロジェクトや世界市場で成功するための鍵は、安全性と経済性であると考えている。BWRX-300 でこれらの課題を解決するための方針を、図1に示す BWRX-300 の概略図を用いて説明する。一般的に SMR にはスケールデメリットがあるとされる。これは同じシステムを用いた発電プラントの場合、出力を小さくすると、出力当たりのコストが高くなる(すなわち経済性が悪化する)というものである。BWRX-300 では、高い安全性を確保しつつ、システムを大幅に簡素化することで、スケールデメリットを克服することを目指した。そのために導入した新たな概念が、図1の左下に示した「隔離弁一体型原子炉」である。隔離弁を原子炉圧力容器に直付けした構造であり、SMR 向けに隔離弁を小型軽量化したことで実現した。このような構造とすることで、万一、配管が破断して冷却材が流出する冷却材喪失事故(LOCA)が発生した場合でも、隔離弁を閉じることで冷却材の流出を止めることができる。その後は、図1の右上に示すように、電源や人的操作が不要な静的安全設備である非常用復水器で、7日間以上、崩壊熱の除去が可能な設計としている。このように LOCA の影響が緩和された結果、安全性が向上すると共に、LOCA 対応に必要な注水設備等が不要となり、LOCA 時に放出された蒸気を受け止める格納容器も小型化・簡素化が可能となった。従来の原子炉

に比較して出力当たりの物量を大幅に削減でき、スケールデメリットを克服し、大型炉と同等以上の経済性を実現できると見込んでいる。LOCA 以外の事象も統一された同様の手順で収束させることができるため、人的過誤の影響も軽減できると見込んでいる。

また、SMR 特有のメリットも追及している。例えば、従来 BWR でも活用していたモジュール工法を最大限活用し、建設期間・建設リスクの低減をはかっている。また、避難区域の縮小も検討している。SMR は出力が小さいため、炉内の放射性物質の量が少ない。この特長と、先進 SMR が持つ高い安全性から、米国ではすでに緊急時計画区域(EPZ、避難計画区域に相当)を縮小する評価手法が認可を受けている。国内では規制が異なるために、避難計画区域縮小がすぐに可能になるわけではないが、実質的に避難が必要なエリアを縮小できることは大きなメリットであり、検討を進める予定である。

その他、BWRX-300 の開発と並行して、事故時の放射性希ガスによる被ばくを抑制する希ガスフィルタや、事故時でも破損しづらい事故耐性燃料等、さらなる安全性向上策の開発も進めている。

日立 GE は、安全性を第一としつつ、経済性にも優れた SMR である BWRX-300 を、米国の姉妹会社である GEH 社と共に開発を進めている。特にフロントランナーである OPG の初号機を成功させることが、世界市場での成功のために必須であり、日立 GE も貢献していく。これらの開発を通して、SMR、大型炉(HI-ABWR)、高速炉と、社会のニーズに対応する多様なソリューションを提供し、低炭素社会の実現に貢献していく。

(2023年5月31日記)